



دانشگاه الزهرا (س)

دانشگاه فنی و مهندسی

پایان نامه

جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

رشته مهندسی صنایع گرایش صنایع

عنوان:

گسترش مدلی برای بالانس خط مونتاژ دوطرفه با رویکرد چند معیاره

استاد راهنما :

آقای دکتر محمد علی صنیعی منفرد

استاد مشاور:

سرکار خانم دکتر مریم اسمعیلی

دانشجو:

ظریفه راثی

شهریور ماه سال 1390

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ



دانشگاه الزهرا (س)

دانشگاه فنی و مهندسی

پایان نامه

جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

رشته مهندسی صنایع گرایش صنایع

عنوان:

گسترش مدلی برای بالانس خط مونتاژ دوطرفه با رویکرد چند معیاره

استاد راهنما :

آقای دکتر محمد علی صنیعی منفرد

استاد مشاور:

سرکار خانم دکتر مریم اسمعیلی

دانشجو:

ظریفه راثی

شهریور ماه سال 1390

"کلیه دستاوردهای ناشی از تحقیق فوق متعلق به دانشگاه الزهراء(س) است"

تقدیم به پدر و مادرم

که از نگاهشان صلابت

از رفتارشان محبت

و از صبرشان ایستادگی را آموختم

و به:

همسرم، پناه خستگیم و امید بودنم

تشکر و قدردانی

با تشکر فراوان و ویژه از جناب آقای دکتر صنیعی منفرد که در طول مدت این پروژه همواره راهگشا و راهنمای من بوده اند. همچنین از سرکار خانم دکتر اسمعیلی که با مشاوره خود مرا یاری کردند، قدردانی می کنم.

چکیده

خطوط مونتاژ دوطرفه یکی از انواع خطوط تولید می باشد که وظایف در این خطوط به صورت موازی در دو سمت خط انجام میگیرد. این نوع خطوط اغلب در مونتاژ محصولات با سایز بزرگ مثل اتوبوس و کامیون ها استفاده می شود.

ایجاد یک خط مونتاژ متوازن، یک سرمایه گذاری بلند مدت و عموماً نیاز مند مبالغ هنگفتی است، بنابراین یکی از اهدافی که برای توازن یا بالانس خط مونتاژ مورد استفاده قرار میگیرد بهینه سازی با تابع هدف هزینه است. مروری بر ادبیات موضوعی نشان می دهد که علاوه بر معیار هزینه، یکنواخت کردن بار کاری در ایستگاه های مختلف و حداقل کردن زمان سیکل هم مهم و مورد توجه پژوهشگران است.

بدین منظور، در این پایان نامه مدل جدید چندهدفه ای جهت بالانس خطوط مونتاژ دوطرفه در نظر گرفته شده است. اهداف این مدل به صورت حداقل نمودن دو معیار زمان سیکل، هزینه دستمزد مربوطه و حداکثر کردن یکنواختی بار تعریف شده است. مسئله به صورت یک مدل غیر خطی، عدد صحیح و صفر و یک ارائه شده است. یک سری مسائل موجود در مرور ادبیات در سایز کوچک تا متوسط با نرم افزار GAMS حل و نتایج مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

واژه های کلیدی:

بالانس خط مونتاژ، خط مونتاژ دوطرفه، بهینه سازی چند معیاره، بهینه سازی هزینه ای،

یکنواختی بار

1	فصل 1 خط مونتاژ و انواع آن
2	1 1 مقدمه.....
3	2 1 تعاریف اصلی.....
5	3 1 بالانس خط ساده و تعمیم های آن.....
7	4 1 طبقه بندی مسائل بالانس خط مونتاژ.....

17 فصل 2 مروری بر ادبیات

18	1-2 مقدمه.....
20	2-2 انواع مسائل خطوط مونتاژ دو طرفه.....
20	3-2 مروری بر مقالات بالانس خط مونتاژ دوطرفه.....
29	1-3-2 مدل ریاضی برای مسئله بالانس خط مونتاژ دوطرفه.....
31	2-3-2 فرمول ریاضی برای مسئله بالانس خط مونتاژ دوطرفه نوع یک.....
32	3-3-2 فرمول بندی برنامه ریزی آرمانی.....
35	4-2 مروری بر مدل های هزینه گرا.....
39	5-2 معیار یکنواختی.....

40 فصل 3 مدلسازی

41	1-3 تعریف مسئله.....
42	2-3 فرضیات مسئله.....
43	3-3 توابع هدف مسئله.....

47.....4-3 روش حل

54

فصل 4 نتیجه گیری و پیشنهادات آتی

49.....1-4 نتایج حل مسئله

57.....2-4 نتیجه گیری و بحث

58.....3-4 پیشنهادات آتی

صفحه

فهرست جداول

جدول 1-1 نگارشهای مختلف مسئله بالانس خط ساده.....6

جدول 1-2 خلاصه ای از مرور ادبیات.....35

جدول 2-2 مقایسه پاسخ حاصل از نگرش های زمانی و هزینه ای.....38

فهرست اشکال

صفحه

- شکل 1-1: گراف تقدم 5.
- شکل 1-2- انواع خط مونتاژ از نظر تعداد محصولات 8.
- شکل 1-3- یک خط مونتاژ ساده (مستقیم یا سنتی) 11.
- شکل 1-4: خطوط مونتاژ U شکل 11.
- شکل 1-5: خطوط مونتاژ با ایستگاه موازی 12.

- شکل 1-6 : جریان محصول در خطوط مونتاژ دوطرفه.....12
- شکل 2-1 : یک تخصیص وظایف در خط مونتاژ دوطرفه.....18
- شکل 2-2 : یک تخصیص وظایف در خط مونتاژ یک طرفه.....18
- شکل 2-3 : نمایی از کارگران در خطوط دوطرفه.....19
- شکل 2-4 : دیاگرام خط مونتاژ دوطرفه.....19
- شکل 2-5 : مراحل الگوریتم مورچه.....25
- شکل 2-6 : گراف تقدم یک مثال.....38
- شکل 3-1 : انواع خطوط مونتاژ.....41
- شکل 4-1 : گراف یک مسئله 12 گره ای.....49
- شکل 4-2 : گراف یک مسئله 16 گره ای.....52
- شکل 4-3 : گراف یک مسئله 24 گره ای.....55

فصل اول

خطوط مونتاژ و انواع آن



1-1 مقدمه

خطوط مونتاژ، سیستم های تولیدی با جریان خطی هستند که طراحی و پیاده سازی آنها اهمیت زیادی در تولید صنعتی کالاهایی با حجم تولید زیاد دارند. اخیراً در تولید کالاهای سفارشی با حجم تولید پایین نیز اهمیت یافته اند. در هر خط مونتاژ تعدادی ایستگاه های متوالی تولیدی قرار دارد که این ایستگاه ها با سیستم جا به جایی مواد مانند تسمه نقاله¹ به یکدیگر مرتبط هستند. محصول نهایی با حرکت از یک ایستگاه به ایستگاه بعدی و با کمک سیستم های حمل و نقل مانند تسمه نقاله آرام آرام منتقل و تکمیل می شود تا به پایان خط مونتاژ برسد. در حقیقت خطوط مونتاژ برای صرفه جویی در هزینه تولید محصولات گسترش یافته اند. از زمان هنری فورد² که اوایل پیدایش خطوط مونتاژ بود این خطوط انعطاف پذیرتر شده اند به طور مثال خطوط از حالت مستقیم و تک محصولی به حالت های چند محصولی و U فرم درآمده اند. در مسائل خط مونتاژ مهمترین تصمیم، مسئله بالانس خط مونتاژ نامیده می شود. مسئله بالانس خط مونتاژ شامل پیدا کردن یک راه حل قابل قبول برای تخصیص وظایف به ایستگاه های کاری می باشد به طوریکه هزینه های مونتاژ کاهش یابد، تقاضا تامین شود، و محدودیت های فرآیند مونتاژ تامین گردد. تحقیقاتی که توسط چیس³ در سال 1974 و همچنین توسط اسپینگر و اسپنیر⁴ در سال 1989 انجام شد نشان داد که در آن سال ها درصد بسیار کمی از کارخانه ها از الگوریتم های ریاضی برای برنامه ریزی خود استفاده میکنند که این دلیلی بر فاصله بین تحقیقات دانشگاهی و کاربردهای عملی می باشد. شاید سه دلیل زیر بتواند چرایی این مسئله را توضیح دهد: 1- محققان مسائل دنیای واقعی را به طور صحیح در نظر نمی گیرند. 2- مسائل درست مدل می شوند ولی

¹ conveyor

² Henry Ford

³ chase

⁴ Spingler & Schoniger

نمی توان آنها را حل کرد. 3- نتایج علمی نمی توانند به کاربردهای عملی تبدیل شوند به طور مثال بعضی از راه حل ها فقط برای مساله خاص جواب می دهند و نمیتوان آنها را به طور عموم تعمیم داد [6].

موضوع طراحی و بالانس خطوط مونتاژ یکی از موضوعات کلاسیک مهندسی صنایع محسوب می شود. با وجود کارهای تحقیقاتی متنوعی که تا کنون در این زمینه انجام شده است، هنوز مسائل زیادی در این حوزه قابل تحقیق می باشد با توجه به کاربردی که مدل‌های طراحی و بالانس خطوط مونتاژ در سایر حوزه های مهندسی صنایع (نظیر طراحی زنجیره عرضه) دارند، جذابیت این موضوع در سالهای اخیر افزایش یافته است. همچنین در سالهای اخیر توجه به خطوط مدل های ترکیبی افزایش چشمگیری داشته است. در واقع خطوط تولید ترکیبی پاسخی است به نیازهای متنوع مشتریان در بازار امروز که امکان رقابت برای تولید کنندگان را فراهم می سازد. در چنین خطوطی بیش از یک مدل با ویژگی های تولید مشابه و یا مدل های متفاوت یک محصول در یک خط تولید می شوند. متعادل سازی و توالی دو مسئله عمده در رابطه با کاربرد بهینه این خطوط هستند. مسئله بالانس خطوط ترکیبی مسئله تخصیص فعالیتها به مجموعه ای از ایستگاههاست به نحوی که برخی محدودیتها ارضا شوند و تابع هدف مشخصی بهینه گردد.

برای مطالعه و بررسی مسائل بالانس خط مونتاژ ابتدا تعاریف و واژگان اصلی مورد بحث قرار گرفته است و پس از ارائه تعاریف اولیه، شکل ابتدایی و کلی این مسئله معرفی شده است. پس از آن طبقه بندی این مسائل در ادبیات مورد بررسی قرار گرفته و در نهایت مسئله طرح شده در این تحقیق با توجه به این طبقه بندی معرفی گردیده است.

2-1 تعاریف اصلی

برای مطالعه و بررسی مسائل بالانس خط مونتاژ ابتدا لازم است برخی تعاریف و واژگان اصلی معرفی شوند.

خط مونتاژ^۱:

یک سیستم مونتاژ، شامل مجموعه ای از عناصر کاری غیر قابل تقسیم و مجزا (فعالیت^۲) ، برای مونتاژ یک محصول (محصولات) می باشد و دارای تعدادی ایستگاه کاری^۳ مرتبط با یکدیگر، یک سیستم انتقال مواد بین ایستگاه ها مانند تسمه نقاله و یک دستورالعمل برای چگونگی مونتاژ محصول از یک ایستگاه به ایستگاه دیگر است.

مونتاژ:

مونتاژ، فرآیند انتخاب و جانمایی قسمتهای مختلف، برای ساخت محصول کامل می باشد . مونتاژ بوسیله قطعات و کار لازم برای تکمیل آنها مشخص می شود. ارتباط قطعات بوسیله نمودار مونتاژ مشخص می گردد.

فعالیت (عملیات):

فعالیت، یک قسمت از کل کار مورد نیاز فرآیند مونتاژ است که غیر قابل تقسیم است . زمان مورد نیاز برای

تکمیل فعالیت، زمان فعالیت^۴ (عملیات) نامیده می شود.

ایستگاه کاری :

ایستگاه کاری قسمتی از خط مونتاژ است که مقدار معینی از کار (تعدادی از فعالیتها) را انجام می دهد . هر ایستگاه با ماشین آلات و ابزار آلات مورد نیاز برای انجام فعالیت مشخص می شود . زمان لازم برای انجام فعالیت های تخصیص یافته به ایستگاه، زمان ایستگاه نامیده می شود . گفته می شود یک ایستگاه قبل از ایستگاه دیگری است، اگر به فعالیت ابتدایی خط نزدیکتر باشد.

زمان سیکل^۵ :

¹ Assembly Line

² Task

³ Work Station

⁴ Task Time

⁵ Cycle time

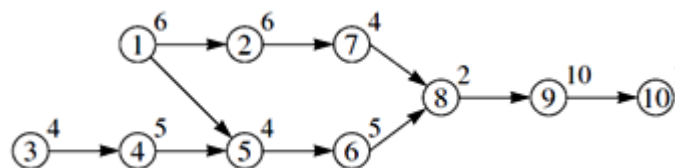
زمان سیکل، مدت زمان بین خروج دو محصول تکمیل شده از خط مونتاژ است. از آنجایی که فعالیت ها تقسیم ناپذیرند، زمان سیکل نمی تواند از بزرگترین زمان فعالیت کمتر باشد. مقدار تفاوت بین زمان سیکل و زمان ایستگاه، زمان بیکاری و مجموع زمان بیکاری تمام ایستگاه ها زمان تاخیر نامیده می شود.

محدودیت پیش نیازی¹ :

به دلیل مسائل فنی، ترتیبی که فعالیت ها باید انجام شوند، معین است. این ترتیب انجام فعالیت ها با نمودار

پیش نیازی (گراف پیش نیازی) نشان داده می شود.

اطلاعات بالا را می توان در قالب شکلی به نام گراف تقدم نشان داد. در این گراف هر دایره (گره) نشان دهنده هر وظیفه است و وزنی که بالای گره نوشته شده است زمان لازم برای انجام آن را نشان می دهد و کمان ها نشاندهنده تقدم وظایف بر هم هستند (شکل شماره 1).



شکل شماره 1-1 گراف تقدم

بالانس خط (تعادل خط)² :

بالانس خط، یک جواب امکان پذیر از مسئله است. یک جواب امکان پذیر با شرایط زیر مشخص می شود: هر فعالیت به یک ایستگاه تخصیص یابد و محدودیت پیش نیازی رعایت شود و زمان تمام ایستگاه ها از زمان سیکل تجاوز نکند [26].

3-1 بالانس خط ساده و تعمیم های آن

¹ Precedence Constraint

² Line Balancing

بیشتر تحقیقات انجام شده در زمینه بالانس خط، به مدل سازی و حل مسئله بالانس خط مونتاژ ساده (SALBP) اختصاص یافته است.

مسئله بالانس خط مونتاژ ساده (¹SALBP) دارای ویژگی های عمده زیر است [26] :

تولید انبوه یک مدل یکسان با فرآیند معین

خط گام به گام با زمان چرخه ثابت C

زمان فعالیتها قطعی است t_j

به جز محدودیتهای پیش نیازی، محدودیت تخصیص دیگری وجود ندارد

جانمایی بصورت خطی با m ایستگاه یکطرفه است.

تمام ایستگاه بطور یکسان نسبت به ماشین آلات و کارکنان تجهیز می شوند

کارایی خط $E = t_{sum} / (m.c)$ با زمان کل فعالیت $t_{sum} = \sum_{j=1}^n t_j$ بیشینه می شود.

با تغییر مجهول مسئله فوق نگارش های متفاوتی از مسئله ایجاد می شود که در جدول 1-1

نشان داده شده است.

Versions of SALBP		
	Cycle time c	
	Given	Minimize
No. m of stations		
Given	SALBP-F	SALBP-2
Minimize	SALBP-1	SALBP-E

جدول 1-1 نگارشهای مختلف مسئله بالانس خط ساده

فرضیات SALBP در مقایسه با سیستمهای واقعی خط مونتاژ بسیار محدود هستند. بنابراین

محققان همواره سعی داشته اند تا مسائلی واقعی تر را شناسایی، فرموله و حل نمایند. چنین

مسائلی با عنوان ۲ GALBP شناخته می شوند [6].

¹ Simple Assembly Line Balancing Problem

² Generalized Assembly Line Balancing Problem

به این ترتیب نگارشهای متفاوت SALBP را می توان با اهداف دیگری تکمیل نمود. در بخش بعدی ویژگی های برجسته ای که به مدل های مسئله بالانس خط تنوع می بخشند، مورد بررسی قرار گرفته اند.

1-4- طبقه بندی مسائل بالانس خط مونتاژ

به سبب شرایط بسیار گوناگونی که در صنایع تولیدی وجود دارد، سیستمهای خط مونتاژ و مسائل مربوط به آن بسیار گسترده هستند. در ادامه ویژگی های عمده ای را که برای طبقه بندی مسائل خط مونتاژ در نظر گرفته می شوند بر اساس طبقه بندی [9] مورد بررسی قرار می گیرند و مسئله بالانس خط مونتاژ مربوط به آن را معرفی خواهد شد.

1. متغیر مسئله

خطوط مونتاژ از نظر متغیر بودن زمان سیکل و تعداد ایستگاه به سه دسته تقسیم می شوند . دسته اول خطوطی هستند که زمان سیکل آنها معین است و به آنها خطوط نوع I می گویند . دسته دوم خطوطی هستند که تعداد ایستگاه های آنها معین است و به آنها خطوط نوع II می گویند. دسته سوم خطوطی هستند که زمان سیکل و تعداد ایستگاه ها به عنوان متغیر مساله در نظر گرفته می شوند و بیشتر در مسائل با اهداف مبتنی بر سود کاربرد دارند [6].

2. تعداد محصولات

مسائل خطوط مونتاژ از نظر تعداد انواع محصولاتی که در خط مونتاژ می شوند به چند گروه اصلی تقسیم می شوند:

مدل ساده (تک محصولی) - اگر تنها یک محصول در خط مونتاژ شود، خط مونتاژ بصورت مدل ساده خواهد بود.

مدل ترکیبی¹ - در این نوع خطوط مونتاژ، محصولات از مدل های متفاوت، با توالی تعیین شده ای مونتاژ می شوند. فرآیند تولید مدلها مشابه است زیرا مدلهای مختلف یک محصول هستند

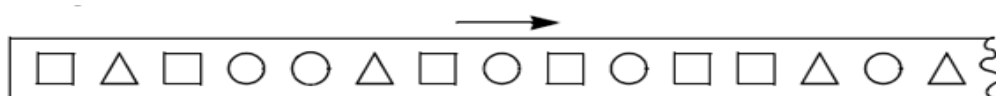
¹ Mixed

که در برخی خصوصیات متفاوت هستند. در مسائل مربوط به خطوط مونتاژ ترکیبی، مسئله بالانس خط با مسائل توالی ترکیب می شود تا توالی مونتاژ مدلهای مختلف مشخص شود.

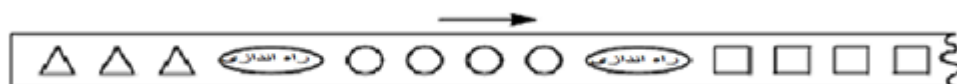
مدل چند محصوله¹ - در این نوع خط مونتاژ، دسته محصولاتی با مدلهای متفاوت بصورت متوالی در خط مونتاژ می شوند. به علت تفاوتهایی که در فرآیند تولید مدل های گوناگون وجود دارد، مدلهای مختلف در دسته های جداگانه تولید می شوند. از آنجا که با بزرگ شدن اندازه دسته، هزینه راه اندازی کاهش می یابد اما هزینه موجودی خط افزایش می یابد، در مسائل مربوط به خطوط چند محصوله، علاوه بر مسئله بالانس خط و مسئله توالی، مسئله اندازه دسته ها نیز مطرح می شود. [8]. (در شکل سه محصول با اشکال مربع، مثلث و دایره نشان داده شده است).



مدل ساده



مدل ترکیبی



مدل چند محصولی

شکل 1-2- انواع خط مونتاژ از نظر تعداد محصولات

3. کنترل خطوط مونتاژ²

خطوط مونتاژ را می توان از نظر کنترل حرکت قطعه کار بین ایستگاهها طبقه بندی نمود:

¹ Multi
² Line Control